

安徽芜湖县土壤硒元素地球化学特征与 富硒土壤开发利用探讨

毕大超, 唐科远

(华东冶金地质勘查局物探队, 安徽 芜湖 241009)

摘要: 安徽省芜湖县土壤硒背景值含量高, 足硒和富硒土壤面积占县域面积的 99.53%, 成片分布的富硒土壤总面积达 51.19 km²。土壤硒主要来源于成土母质, 具有明显的继承性。富硒土壤环境质量良好, 氮、磷、钾、有机质及微量元素养分丰富。富硒土壤多呈弱酸性, 硒的生态效应偏弱、农作物对硒的吸收偏差, 可通过土壤改良可提升硒的生态效应。大宗农产品样品检验分析呈现多富硒, 且达到绿色食品标准, 该地区富硒土地资源具有良好的农业开发利用前景。

关键词: 芜湖县; 土地质量; 地球化学特征; 富硒土壤; 开发利用; 安徽省

中图分类号: P595 **文献标识码:** A

0 引言

安徽省公益性地质项目“安徽省芜湖县土地质量地球化学调查评价”经 3 年工作^[1], 发现该县土壤硒含量总体高于全国土壤平均水平, 圈定了大面积成片富硒土壤区, 且富硒区土地质量以一等、二等为主, 土壤清洁, 鲜有污染, 生态地质环境和农业种植适宜性良好, 具有很高的富硒特色农产品开发价值。本文基于该区土地质量地球化学调查评价数据, 分析了该区域内的硒含量及其分布特征, 以期能够为富硒土地开发利用提供支撑。

1 研究区概况

芜湖县地处长江下游南岸的青弋江下游, 靠近青弋江与长江交汇口, 系全国商品粮基地县, 安徽经

济强县。全县地势东南高、西北低, 东南部属皖南山地向北延伸的岗丘; 中部、西北部属长江中下游冲积型平原圩区, 其内水网交错, 湖塘众多, 圩田平展且土层深厚而肥沃。

芜湖县区域地质构造, 属于扬子准地台下扬子台坳东部。区内出露的前第四纪地层零星分布于东南部岗地, 由老至新有志留系、泥盆系、三叠系、侏罗系、白垩系、第三系, 除侏罗系为中酸性火山岩、三叠系为灰岩外, 其余主要为各类砂岩、粉砂岩。西部、北部、中部等圩区均被第四系全新统芜湖组(Q₄w^{al})所覆盖, 其成因类型为河漫滩一级阶地冲积, 主要为青灰色、灰黑色、棕黄色的砂、砂质黏土、淤泥质粉砂、黏土、淤泥等松散沉积物。东部主要分布中更新统戚家矶组(Q₂q^{al}), 下部位砾卵石层, 其上部为红色网纹状黏土、亚黏土等。在研究区青弋江上游分布有二叠系含煤岩层及闪长岩、花岗闪长岩等富硒岩石组合分布较多, 研究区东南部分布有上侏罗统中酸性火山岩, 它们为区内第四系沉积物提供了丰富的硒物质来源。有研究资料^[2]表明, 近地表分布

收稿日期: 2019-11-17; 改回日期: 2020-03-17; 责任编辑: 王传泰

基金项目: 安徽省 2016 年公益性地质工作项目“安徽省芜湖县土地质量地球化学调查评价”(〔2016〕3-22)资助。

作者简介: 毕大超(1984—), 男, 工程师, 工程硕士, 2007 年 7 月毕业于安徽理工大学地质工程专业, 长期从事地质勘查工作。通信地址: 安徽省芜湖市镜湖区银湖路星隆国际 B 座 11 楼, 华东冶金地质勘查局物探队; 邮政编码: 241009; E-mail: 344519671@qq.com

通信作者: 唐科远(1961—), 男, 地质高级工程师, 主要从事金属矿产地质勘查等方面的工作。通信地址: 安徽省芜湖市镜湖区银湖路星隆国际 B 座 11 楼, 华东冶金地质勘查局物探队; 邮政编码: 241009; E-mail: wtdtky@126.com

表 1 芜湖县土壤硒含量参数及 pH 值

Table 1 Selenium content parameters and pH value of soil in Wuhu county

	最小值	最大值	算术平均值	中位数	标准离差	变异系数
Se	0.03	1.84	0.33	0.32	0.08	0.24
pH	3.86	7.01	5.40	5.3	0.50	0.10

注:样数 4344, $w(\text{Se})/10^{-6}$ 。

Se、Mo、Cd、Hg、As、Pb、Ni、Cr、Co、V 等 18 项指标,并测试有机质、碱解氮、有效磷、速效钾、有效铜、有效锌、有效硼、有效钼等有效态、有机质指标及六六六、滴滴涕、甲基汞、烷基铅、氰化物等有机物指标。农作物样品测试 Pb、Cd、Hg、As、Cr、Se、苯并芘等 7 项指标。

样品的分析质量采用内部质量监控与外检相结合进行控制。内部质量监控从检出限高低、准确度、精密度、数据报出率、异常点检查和重复性检验等质量参数进行监控,密码抽查合格率 $\geq 95.32\%$;外检合格率 $\geq 91.58\%$ 。

2.5 数据处理与成图

本次分析数据处理与成图工作,采用了中国地质科学院物化探研究所研发的 GeoChem Studio 软件。对全区数据进行统计分析,求取各项指标在表层土壤的背景值,同时对不同区域、土壤类型、土地利用类型的表层土壤数据进行统计,分析各元素的背景值及分布特征。统计参数包括样品数(n)、算术平均值(X)以及均值加减 3 倍离差迭代剔除后的最小值($X_{\min}$)、最大值($X_{\max}$)、标准离差(S)、变异系数(C_v)、中位数(M_c)、几何平均值(X_g)、算术均值(X_o)等。成图采用以 300 m $\times$ 300 m 的间距对原始数据进行网格化处理,再进行地球化学圈图。按《土地质量地球化学评价规范》和《安徽省市县级(1:50000)土地质量地球化学评价指南(试行)》要求,勾绘等值线及色区,色区分级采用 0.1 lg c 固定含量间隔。

3 土壤硒元素地球化学特征

3.1 表层土壤硒元素含量及其分布特征

芜湖县大部分土地表层土壤硒元素含量处于中等含量水平,一般 $w(\text{Se})=0.30\times 10^{-6}\sim 0.59\times 10^{-6}$ 之间,最大值为 1.82×10^{-6} ,最小值为 0.03×10^{-6} ;剔除异常值($X\pm 3S$)后的算术平均值(X_o)含量为 0.33×10^{-6} ,是地壳 Se 丰度值($w(\text{Se})=0.050\times 10^{-6}$)的 6.6 倍,高于全国表层土壤(A 层)平均值($w(\text{Se})=0.29\times 10^{-6}$)^[4],也高于长江流域河流冲积物平均值($w(\text{Se})=0.30\times 10^{-6}$);标准离差(S)为

0.08;变异系数(C_v)为 0.24。表明全县域表层土壤中 Se 含量较为丰富,整体处于高硒环境,且成不均匀—较均匀分布(表 1),有利于富硒土壤资源的形成。

芜湖县硒丰富—较丰富($w(\text{Se})=0.4\times 10^{-6}\sim 1.82\times 10^{-6}$)、中等($w(\text{Se})=0.175\times 10^{-6}\sim 0.4\times 10^{-6}$)等级的土壤面积共 477.50 km²,占县域面积的 99.53%;硒较缺乏、缺乏($w(\text{Se})<0.175\times 10^{-6}$)的土壤面积仅为 1.58 km²,且呈星散状分布。富硒($w(\text{Se})\geq 0.4\times 10^{-6}$)的土壤总面积 51.19 km²,占县域面积的 7.8%,主要分布于三处:一是,县域西北角的六郎镇西部,是该县集中呈片分布的最大富硒区块,面积达 19.5 km²,土壤平均含硒量为 $w(\text{Se})=0.463\times 10^{-6}$;二是,西部陶辛镇西侧的太谊村—新塘村—马桥村一带;三是,东南红杨镇以南的岗丘区,为多片分布的富硒土壤区(图 2)。

3.2 深层土壤硒元素含量特征

芜湖县土壤垂向剖面成果反映,平原区深部土壤为第四系深色长江、青弋江河流冲积物,主要由粉砂、黏土、淤泥构成,土壤养分较丰富,硒含量较高且稳定^[2]。0~150 cm 深度范围内,土壤硒含量均较高, $w(\text{Se})>0.30\times 10^{-6}$;150 cm 以下,土壤硒含量略有下降, $w(\text{Se})\approx 0.22\times 10^{-6}$ 。岗丘区深部土壤类型较杂,但主要为红土、黄红土等残坡积物,其母岩主要为第三系黏土或上古生界—中生界的粉砂岩,少部分为中酸性火山岩。硒含量变化较大,除母质岩层因素外,地形地貌对硒元素进行了再分配,呈现山地低平区与坡下部硒含量较高,岗地及坡上硒含量偏低特征。从浅表的 A 层到深部的 C 层,土壤硒含量有所降低,但各层位硒含量 $w(\text{Se})>0.27\times 10^{-6}$ (表 2)。

4 硒生态效应分析

本次工作采集了大宗农作物样品 225 件进行硒含量分析。根据富硒农产品含量标准,共有 145 件样品符合富硒食品的限值要求,富硒样品比例占到 64.4%;其中,水稻富硒比例为 36.0%,油菜富硒比例 96.2%,小麦富硒比例为 88.7%(表 3)。

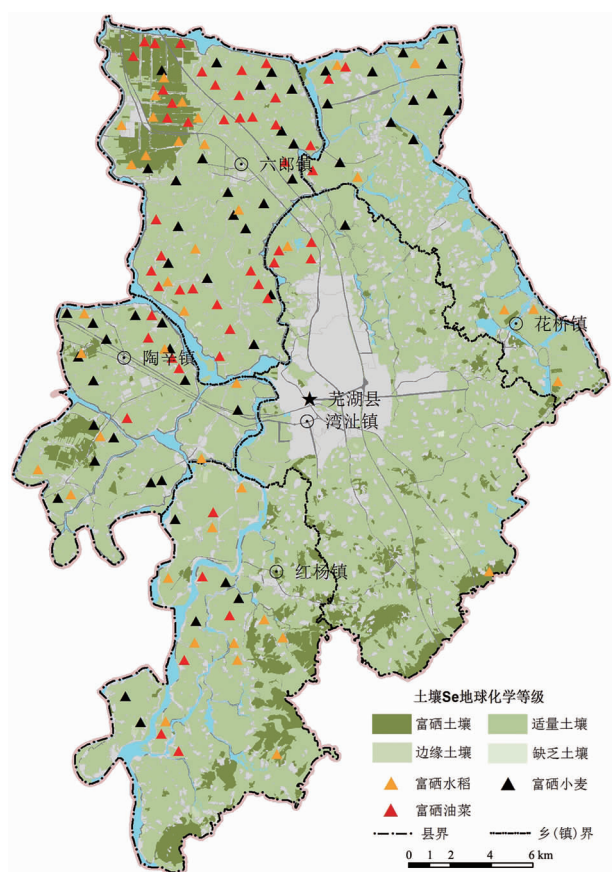


图2 芜湖县富硒土壤及富硒农作物样点分布

Fig. 2 Distribution of Se-rich soil and sampling points of Se-rich crops in Wuhu county

表2 土壤剖面各层位硒含量

Table 2 Selenium content in each layer at the soil profile

平原区			岗丘区		
层次	厚度/cm	硒含量	层次	厚度/cm	硒含量
A	9~15	0.43	A	11~65	0.42
A _p	4~9	0.42	B	21~108	0.28
P	46~114	0.36	C		0.27
W	36~105	0.30	量单位: $w(\text{Se})/10^{-6}$ 全国土壤背景值 $w(\text{Se}) = 0.17 \times 10^{-6}$		
G	15~89	0.21			

表3 农作物富硒评价

Table 3 Evaluation of Se-rich crops

品种	农作物 样品数	富硒 样数	富硒含量 $w(\text{Se})/10^{-6}$			富硒率/%
			最大值	最小值	均值	
水稻	111	40	0.1950	0.0243	0.0406	36.0
油菜	52	50	0.5910	0.0472	0.0940	96.2
小麦	62	55	0.0928	0.0354	0.0941	88.7

表4 根系土壤硒含量

Table 4 Se content of soil at the root system

根系 土壤	样数	根系土壤硒含量 $w(\text{Se})/10^{-6}$			表层土壤 均值
		最大值	最小值	均值	
水稻田	111	0.57	0.20	0.378	0.32
油菜田	52	0.54	0.22	0.329	0.32
小麦田	62	0.46	0.15	0.311	0.31

在富硒土壤区采集样品水稻 33 件、油菜 8 件、小麦 5 件,合计 46 件农作物样品。其中,水稻 18 件样品富硒,富硒比例为 54.5%;富硒油菜 8 件,富硒比例为 100%;小麦富硒 5 件,富硒比例 100%。

由表 4 不难看出,根系土壤含硒(水稻根系土样点布设在富硒区多,表 4 中水稻根系土壤含硒量较全域背景略高)与表层土壤(A 层)含硒差异不大,而主要农作物对硒的吸收偏差较大;油菜、小麦对硒的吸收较好,水稻对硒的吸收较差。有研究资料^[5]显示,硒在酸性条件下成亚硒酸盐存在,迁移淋滤弱,生物有效性差,进而影响作物对硒的吸收和农作物产品的硒含量。本次研究区土壤 pH 均值(算术平均值)5.40(见表 1),呈现弱酸性特征,因此硒的生态效应偏弱;这应是研究区内水稻富硒率不高的主要因素。可通过撒石灰等简单办法提升土壤 pH 值,随着 pH 值增加,硒的价态发生转化($\text{SeO}_3^{2-} \rightarrow \text{SeO}_4^{2-}$)后溶解度增大,活性增强,从而有利于植物对硒的吸收。

5 富硒土壤开发利用探讨

5.1 土壤养分丰缺评价

区内表层土壤有机质及氮、磷、钾和硼、铜、锌等元素等养分含量较高,总体处于三级(中等养分)及其以上水平,主要养分平均值: $w(\text{N}) = 1390 \times 10^{-6}$ 、 $w(\text{P}) = 620 \times 10^{-6}$ 、 $w(\text{K}) = 19200 \times 10^{-6}$,均高于全国土壤背景值(表 5)。尤其是分布于平原区的水田等耕地养分较为丰富,除有机质含量高,氮、磷、钾的有效量达到近二级水平,硼、铜、锌等有效量含量达二级至一级水平。六郎及陶辛等地区富硒土壤养分更高,碱解氮、有效磷、速效钾含量均达到丰富或较丰富水平。

5.2 土壤环境质量评价

芜湖县表层土壤环境地球化学综合评价等级以清洁为主,面积 467.83 km²,占芜湖县表层土壤面积的 97.5%;轻微污染面积 11.23 km²,占芜湖县表层土壤面积的 2.34%;轻度及其以上等级土壤甚微,土壤镉、汞、砷、铬、铅等重金属含量不高(表 6),均优于绿色食品土壤环境标准相应含量指标。农作物样品相应分析结果经对比《食品安全国家标准食品中污染物限量》GB2762—2017,除部分小麦、水稻的样品镉微量超标外,农作物中主要重金属元素总体满足要求。总体上,本区土壤环境质量适宜农业种植。

表 5 土壤主要养分含量

Table 5 Contents of major nutrients in the soil

指标	一般值	均值	指标	一般值	均值
有机质	18.6~46.8	24.1	碱解氮	93.3~234.4	121.8
全氮	1170~2950	1390	有效磷	9.3~29.5	24.18
全磷	190~1170	620	速效钾	117.5~234.4	137.8
全钾	14800~37200	19200	有效硼	0.30~0.74	0.42
硼	58.9~117.5	68.6	有效钼	0.09~0.23	0.13
钼	0.09~0.23	0.13	有效锌	2.95~9.33	4.57
锌	37.6~117.5	73.2	有效铜	4.68~9.33	4.69
铜	14.8~46.8	25.2			

量单位: $w_B/10^{-6}$

表 6 土壤及大宗作物重金属元素含量

Table 6 Heavy metal content in soil and staple crops

元素	全县	水田	旱地	水稻	小麦	油菜
镉	0.180	0.211	0.089	0.109	0.111	0.070
汞	0.072	0.078	0.058	0.002	0.002	0.002
砷	9.81	9.10	10.07	0.080	0.01	0.009
铬	72.91	72.6	71.12	0.079	0.06	0.162
铅	31.22	32.02	29.88	0.038	0.029	0.019

量单位: $w_B/10^{-6}$

六郎及陶辛等富硒区土壤环境质量好,综合等级为清洁级,且土壤主要养分充足,非常适宜种植绿色食品、蔬菜。

5.3 富硒资源可持续性

芜湖县平原区土壤在 0~150 cm 深度范围内硒含量均较高, $w(\text{Se}) > 0.30 \times 10^{-6}$; 岗丘区表层、深层土壤硒含量均达 $w(\text{Se}) = 0.27 \times 10^{-6}$ 以上。总体上,区内各层位土壤达到中等含硒水平,均超过全国土壤硒含量背景值(见表 2)。硒主要来源于成土母质层,平原区富硒母质主要为水阳江、青弋江的冲积层,岗地部分则源于前第四纪岩层。因此,硒含量稳定,具有可持续、较稳定的供硒能力,可长期开发利用。

5.4 富硒土壤开发利用建议

依据项目工作成果,建议对芜湖县富硒土壤分级开发富硒农产品。

(1)优先开发区内集中成片的富硒土壤耕地,本次采集的农作物样品达到富硒标准的区域,总面积达 2285.94 公顷。此区域内的土壤硒含量较高且稳定,土壤能够充分、可持续地提供硒元素,培育出富硒农产品。六郎镇西北部的兴隆村、东八村、庆太村等地,是全县面积最大的富硒土壤区,建议政府主导优先开展规模化开发;次是陶辛镇的友谊村、十连乡及红杨镇东部岗地,建议政府引导开展自主开发。

(2)拓展开发区内相对分散富硒土壤分布区,土

壤硒含量处于中等及以上水平,农产品具有富硒特征,总面积达 24296.18 公顷。这些区域包括的六郎镇的幸福村、殷港村、永丈村、周下村,陶辛镇的马桥村、陶幸村、东莞村、定丰村,红杨镇的月湾村、香河村、和平村、新桥村等,可进行基于特殊农产品种植的富硒土壤资源开发。

(3)拓展开发区内土壤硒含量处于中等稍偏下水平,但硒含量总体大于全国土壤硒含量背景值、部分农产品达到富硒水平的土壤区,亦具潜在开发价值。需开展土壤培肥与农作物品种选择相结合的富硒土壤开发的调查和可行性研究,再制定开发利用方式。主要包含湾沚镇、红杨镇和花桥镇的大部分区域。

(4)农作物中硒元素含量没达到富硒标准的区域及或非农业用途的区域,不宜作为富硒土壤开发利用。

6 结语

(1)芜湖县土壤硒含量总体高于全国土壤平均值,属于足硒以上水平。其多片大面积集中分布的富硒土壤,具有很高的富硒农产品开发价值,可由政府主导进行规模化开发。

(2)本区土壤偏酸性,故其硒元素生态效应偏

弱,应进行土壤 pH 值改性,以提升种植物对硒的吸收。

(3)表层土壤硒来源于土壤母质,而主要富硒区母质层为第四系冲积物,源于弋江上游黑色岩系、砂岩及闪长岩等多岩性组合,富硒土壤可持续开发利用。

(4)富硒区土壤无重金属污染,土壤环境质量良好,经测试主要农作物仅极少数样品隔元素轻微超标,其它重金属元素均不超标,总体可达到绿色食品标准。

参考文献:

- [1] 安徽省芜湖县土地质量地球化学调查评价成果报告[R]. 安徽芜湖:华东冶金地质勘查局物探队,2020.
- [2] 侯少范,李德珠,王丽珍. 暖温带地理景观中土壤硒的分异特征[R]. 地理学报,1992(1):31-39.
- [3] 芜湖县土地利用总体规划说明(2006—2020年)[R]. 安徽芜湖:芜湖县人民政府,2015.
- [4] 黄子龙,林清梅,范汝海. 广西全州县富硒土壤地球化学特征[R]. 物探与化探,2018,42(2):381-385.
- [5] 杨志强,李杰,郑国东. 广西北部湾沿海经济区富硒土壤地球化学特征[R]. 物探与化探,2014,38(6):1260-1264+1269.

Geochemical characteristics of selenium in soil of Wuhu county, Anhui province And agricultural development of the Se-rich soil

BI Dachao, TANG Keyuan

(Geophysical Exploration Team of The East China Metallurgical Geology and Exploration Bureau,
Wuhu 241009, Anhui, China)

Abstract: Background value of selenium in soil of Wuhu county is high. Area of the Se-sufficient and Se-rich soil accounts for 99.53% of the whole county area. Area of stretches of Se-rich soil is totally 51.19 km². Th selenium mainly comes from the parent material of soil and shows obvious inheritance. The environmental quality of selenium-rich soil is good, and the nutrients of nitrogen, phosphorus, potassium, organic matter and trace elements are sufficient. Selenium-rich soils are mostly acidic with weak ecological effect and the absorption of selenium by crops also weak. The ecological effect can be improved by soil improvement. Analysis of the sample from bulk agricultural products showed that Wuhu county is abundant with Se-rich land resources and the selenium content reaches the standard of green food showing a good prospect for agricultural development.

Key Words: Wuhu county; land quality; geochemical characteristic; selenium-rich soil; development; Anhui province